

滇池鲤4种年龄鉴定材料的比较

李 霄, 沈建忠, 龚 江, 余文娟, 张亚辉, 李宗栋

(华中农业大学水产学院, 武汉 430070)

摘要:为确定鉴定滇池鲤(*Cyprinus carpio*)年龄的适宜材料,对4种年龄鉴定材料(耳石、鳞片、胸鳍条和鳃盖骨)的形态和年轮标志进行了描述,并对这4种钙化组织鉴定鲤年龄的一致性进行了探讨。2013年5、6、8-11月以及2014年3-7月,使用拖网采集云南滇池鲤584尾,体长范围7.5~50.5 cm,体重范围17.2~3 211.3 g。其中耳石采集于584尾样本,鳃盖骨和鳞片分别采集于276尾样本,胸鳍条采集于274尾样本。微耳石磨片轮纹清晰,在反射光下呈明暗相间的条纹,年龄标志明显。同一鉴定者2次年龄读数的吻合率,微耳石磨片轮最高(88.0%),鳞片次之(84.1%),胸鳍条和鳃盖骨则分别为73.7%和72.1%。2次读龄的平均误差百分比,微耳石磨片和鳞片较小,分别为2.6%和2.9%;胸鳍条和鳃盖骨较高,分别为4.7%和5.9%。以微耳石磨片年龄读数为基准,鳞片年龄读数与其吻合率最高(77.5%),平均变异系数最低(6.14%);鳃盖骨和胸鳍条与其吻合率分别为61.9%和56.2%,平均变异系数均超过12%。综合分析认为,耳石是滇池鲤年龄鉴定的最佳材料,鉴定4龄以下个体年龄时可使用鳞片,鳃盖骨和胸鳍条则不适于滇池鲤的年龄鉴定。

关键词:滇池;鲤;年龄鉴定;耳石;鳞片;鳃盖骨;胸鳍条

中图分类号:S917 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-3075(2015)05-0089-07

精确鉴定年龄是进行鱼类生长与年龄结构分析以及死亡率估算的基础(Phelps et al, 2007)。鱼类年龄鉴定通常采用观察钙化组织因季节生长速度的差异导致钙元素沉积速度不同而形成的年轮标志,但是不同钙化组织的年轮形态、规律和可辨识度会有所不同,因此对不同年龄鉴定材料进行对比分析,确定合适的鉴定材料有助于提高年龄鉴定的准确度和精确度(Campana, 2001)。国外研究鲤(*Cyprinus carpio*)年龄生长多采用鳞片(Treer et al, 2003; Karatas et al, 2007; Sedaghat et al, 2013; Saylar & Benzer, 2014),也有使用耳石(Winker & Weyl, 2011; Amouei et al, 2013)、鳃盖骨(Vilizzi et al, 1998)和鳍条(Jackson et al, 2007; Weber & Brown, 2011),然而这些研究对于鲤年龄鉴定的适宜材料尚无统一的结论。Lubinski等(1984)比较了4种年龄鉴定材料(鳞片、鳃盖骨、鳍条和耳石),认为鳞片是鉴定鲤年龄的最适材料;然而Jackson等(2007)对鳞片和鳍条鉴定鲤年龄的精确度进行比较,认为

鳍条要优于鳞片;Vilizzi等(1998)对用耳石、鳞片和鳃盖骨鉴定鲤年龄进行比较分析,发现鳃盖骨和耳石的准确性高于鳞片。国内对鲤年龄生长研究仅采用鳞片作为年龄鉴定材料(叶富良等, 1992; 张家波和樊启学, 1998),陈佩薰(1959)对鳞片年轮标志进行了探讨;刁晓明和陈兵等(1994)对鲤4种硬组织(耳石、脊椎骨、鳃盖骨和鳍条)年龄特征进行了简单描述,指出胸鳍条和鳃盖骨不适于鲤年龄鉴定,但缺乏对其准确性和精确性的具体分析。

鱼类生长受生态环境的影响,不同生境下的各种理化指标不同,不同水域生长环境可能影响钙化组织年轮的沉淀,合适的年龄鉴定材料也会有变化(Jackson et al, 2007)。本文对4种钙化组织(耳石、鳞片、鳃盖骨和胸鳍条)鉴定滇池鲤年龄的精确性进行比较,旨在确定鉴定滇池鲤年龄的适宜材料。

1 材料与方法

1.1 样品采集和处理

2013年5、6、8-11月以及2014年3-7月对云南滇池鲤进行了采样,采样的网具是拖网。共采集样本584尾,体长范围7.5~50.5 cm,体重范围17.2~3 211.3 g。其中耳石采集于584尾样本,鳃盖骨和鳞片分别采集于276尾样本,胸鳍条采集于274尾样本。

1.1.1 鳞片 鳞片取自背鳍基部起点以下,侧线鳞

收稿日期:2015-04-09

基金项目:国家水体污染控制与治理科技重大专项(No. 2012ZX07102)。

作者简介:李霄,1989年生,男,硕士研究生,从事渔业资源研究。E-mail:lxhd1989@126.com

通信作者:沈建忠,1964年生,男,教授,主要从事鱼类生态学研究。E-mail:jzhsh@mail.hzau.edu.cn

上方 2~3 行,每尾鱼取 4~6 片,避免出现再生鳞。用清水浸泡 24 h 后,洗净,夹在载玻片中,自然晾干,在解剖镜透射光下观察并拍照。

1.1.2 胸鳍条和鳃盖骨 取下的胸鳍条和鳃盖骨在沸水中烫 2~3 min,剔除肌肉和结缔组织。鳃盖骨用 1% 的双氧水浸泡 24 h,自然晾干后,在 60 ℃ 下烘烤 3~4 h,在解剖镜透射光下用二甲苯透明后观察并拍照。胸鳍条用切片机取离鳍基部的 2~4 枚薄片(1 mm),经砂纸打磨清晰后,用解剖镜在反射光下观察。

1.1.3 耳石 微耳石在解剖镜反射光下用二甲苯透明后观察。低龄个体微耳石可清晰观察到年轮,直接记录年轮数。高龄个体微耳石核区模糊,年龄标志不明显,需要打磨;将微耳石的凸面朝上,用热熔胶固定于载玻片上,用 800# 水磨砂纸粗磨,再用 2000# 磨砂纸细磨,抛光纸抛光,并随时在光学显微镜下观察;打磨至中心核时翻面,用同样的方法打磨另一面,直至耳石核区清晰为止。制作的磨片在解剖镜反射光下观察并拍照。

1.2 数据及照片处理

年龄确定采用同一研究者对每尾鱼进行 2 次独立读龄(间隔 15 d 以上),比较 2 次读龄结果的吻合率。用平均误差百分比(IAPE)和变异系数(CV)判断年龄读数的精确度。采用年龄偏差图解读鉴定材料 2 次读龄之间的差异。

$$IAPE_j = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \left(\frac{1}{R} \sum_{i=1}^R \frac{|X_{ij} - X_j|}{X_j} \right) \times 100\%$$
 (1)

$$CV = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^R (X_{ij} - X_j)^2 / (R - 1)}}{X_j} \times 100\%$$
 (2)

式中,N 为进行年龄鉴定的鱼尾数;R 为每尾鱼鉴定年龄的次数;X_{ij} 为第 j 尾鱼进行的第 i 次年龄鉴定结果;X_j 为第 j 尾鱼的平均年龄。

用 Leica DFC300FX 数码拍照系统进行拍照,图片处理采用 Image-Pro Plus 6.0 软件;年龄偏差图的制作采用 Lab Origin pro 8.5;年龄读数成对 t-检验采用 SPSS 17.0。

2 结果与分析

2.1 年龄鉴定材料的形态与年轮特性

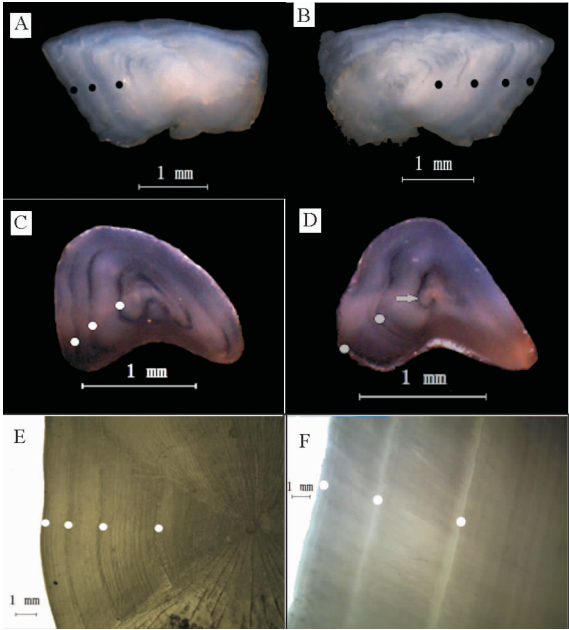
微耳石:鲤微耳石位于椭圆囊内,形状不规则,近似椭圆形。按鱼体的方向定义耳石的前后,前区钝圆且厚,内侧呈椎体状突起;后区尖而薄,内侧较平整。低龄个体微耳石在解剖镜下,能直接观察到明显年轮;高龄个体微耳石核心区厚度增加,内侧年

轮模糊(图 1-A),需磨片后进行观察。轮纹由透明带和遮光带组成,明暗带相间,形成一个年轮周期,明暗带轮纹从核心出发由宽渐渐变窄,呈现出一定的规律性,暗带可视为年轮(图 1-B)。

胸鳍条:胸鳍条磨片以中央区域为中心向外形成明暗相间的不规则同心圆,一侧轮纹比较密集,另一侧较稀疏,易观测到年轮。高龄个体靠近边缘的环带往往形成不完全或未形成,无法准确判读年龄(图 1-C)。低龄个体的中心有一较窄的暗带,经过与鳞片 and 耳石的年龄结果对比,认为是副轮(图 1-D 箭头所示)。

鳞片:鲤鳞片属于大型圆鳞,形状略成六边形。鳞片上明显的年轮标志是疏密和切割。在高龄个体中,观察到副轮,有环片切割现象的不完整同心圆,对准确鉴定年龄造成干扰(图 1-E)。

鳃盖骨:鳃盖骨呈扇形,表面平整,透射光下暗的生长带外缘被亮色细线阻隔。鳃盖骨外侧年轮清晰,基部为疏松多空的不透明结构,高龄个体基部较厚,透光度低,年轮不清晰,易低估年龄(图 1-F)。



A. 未打磨的完整微耳石;B. 微耳石磨片;C. 高龄胸鳍条;D. 低龄胸鳍条;E. 鳞片;F. 鳃盖骨。A、B、C、E 和 F 来自同一条鱼,雌性,体长 38.2 mm;D 为雄性,体长 26.3 mm。圆点表示年轮,箭头表示副轮

图 1 滇池鲤 4 种钙化组织的年龄特性

A. the whole un-sectioned lapillus; B. sectioned lapillus; C. pectoral fin of advanced age; D. pectoral fin of juvenile fish; E. scale; F. operculum. A, B, C, E and F come from the same fish, female, SL 38.2 mm; D male, SL 26.3 mm; The dots represent annual ring, arrows represent false annuli

Fig. 1 Characteristics of the four calcified structures used to age common carp in Dianchi Lake

2.2 年龄一致性的解释

鳞片、鳃盖骨、胸鳍条以及微耳石磨片的年龄读数吻合率和平均误差百分比见表 1。

微耳石年龄读数的总吻合率最高(88.0%),总平均误差百分比最低(2.6%);各龄吻合率随着年龄升高而降低,1~4 龄的吻合率都维持 75% 以上;2 次年龄读数间差异不显著($P>0.05$)。鳞片年龄读数吻合率为 84.1%,平均误差百分比也较低,为 2.9%;2 次年龄读数间无显著性差异($P>0.05$)。鳃盖骨和胸鳍条的吻合率都较低,分别为 72.1% 和 73.7%,平均误差百分比偏高,分别为 5.9% 和 4.7%;2 次年龄读数间均有显著性差异($P<0.05$)。

4 种年龄鉴定材料 2 次读龄,只有微耳石磨片仅相差 1 龄;鳞片和胸鳍条切片各有 1 个样本相差

2 龄,分别占样本比例的 0.36% 和 0.17%;鳃盖骨则有 4 个样本相差 2 龄,占样本比例的 1.45%。

鉴于微耳石磨片上轮纹清晰,读龄吻合率最高,以微耳石磨片上的年龄读数为基础,将鳞片、鳃盖骨、鳍条和未打磨完整微耳石上的年龄读数与其进行比较,制成年龄偏差图(图 2)。微耳石磨片与鳞片年龄读数吻合率最高,为 77.5%,平均变异系数最低,为 6.14%。4 龄个体以下,鳞片与微耳石磨片上的年龄读数基本吻合,而 5 龄个体鳞片年龄读数要低于微耳石磨片,主要原因是鳞片在高龄个体轮纹杂乱,年轮标志模糊,在鉴定过程中易被忽略而低估年龄。未打磨的完整微耳石与微耳石磨片相比较,吻合率为 74.4%,平均变异系数为 7.42%;2 龄及以下与微耳石磨片的年龄读数可以很好的吻合,

表 1 同一观测者 2 次年龄读数的吻合率和平均误差百分比

Tab.1 Percentage agreement and average percent error between duplicate age readings of each aging material by one observer

年龄/ 龄	微耳石磨片			鳞 片			鳃盖骨			胸鳍条		
	吻合率/%	IAPE/%	样本/尾	吻合率/%	IAPE/%	样本/尾	吻合率/%	IAPE/%	样本/尾	吻合率/%	IAPE/%	样本/尾
1	97.5	0.8	118	95.7	1.4	23	76.5	0.2	51	71.4	9.5	7
2	90.2	2.8	265	83.6	3.4	128	86.1	2.9	122	93.4	1.6	271
3	80.3	3.4	173	83.7	2.5	92	72.1	4.0	61	47.9	8.4	71
4	76.9	2.9	26	76.7	2.6	30	53.7	6.3	41	74.1	3.3	58
5	50.0	5.6	2	33.3	7.4	3	0.0	11.1	1	—	—	—
总计	88.0	2.6	584	84.1	2.9	276	72.1	5.9	276	73.7	4.7	274

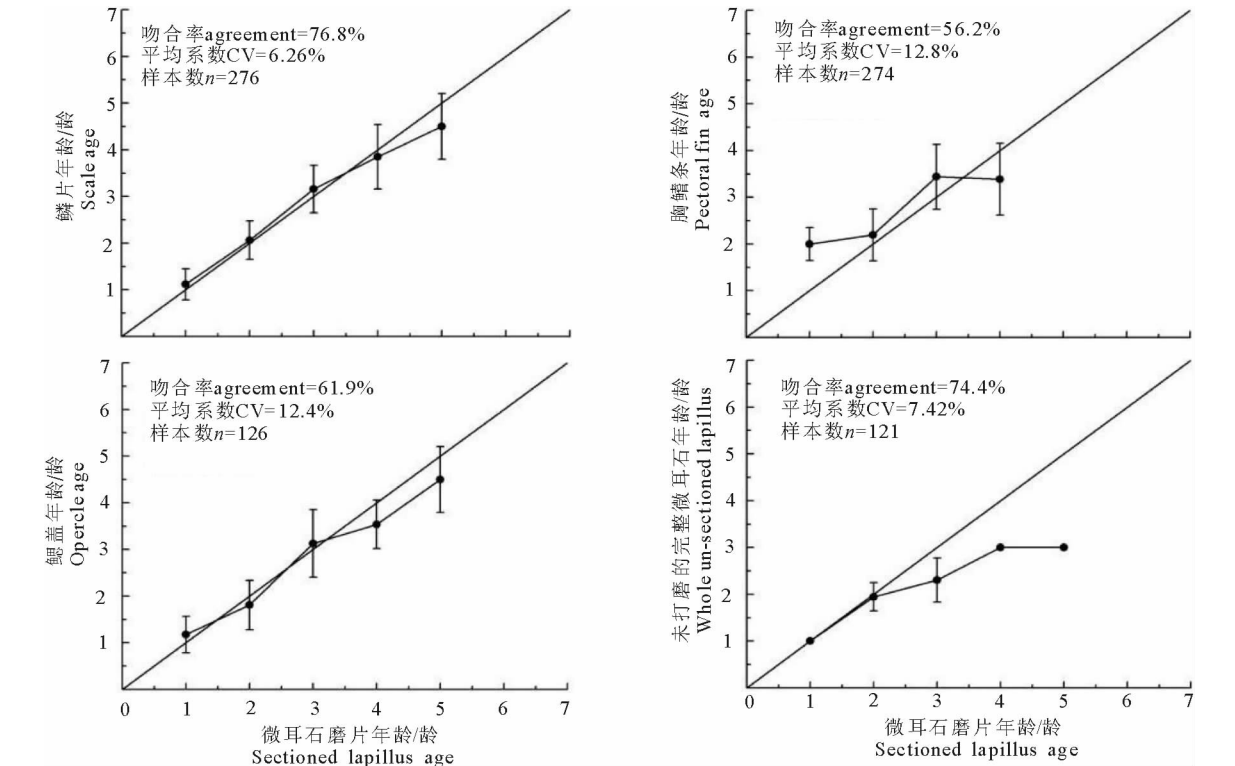


图 2 鲤 4 种材料鉴定年龄的一致性比较

Fig. 2 Age bias plot for pairwise comparisons based on age determinations using the four materials for common carp

而3龄及以上年龄读数明显低估,原因是2龄及以下个体未打磨的完整微耳石透光率较好,能清晰的观察到轮纹,而随着年龄的增加,核区逐渐变厚,透光率下降,只能在耳石边缘位置观察到年轮,靠近核区的部位无法清晰观察到年轮而低估年龄。鳃盖骨和胸鳍条上的年龄读数与微耳石磨片的吻合率较低,分别只有61.9%和56.2%,平均变异系数也较高,分别为12.4%和12.8%。鳃盖骨在3龄以下与微耳石磨片的年龄读数吻合,而4龄和5龄个体则要低于微耳石磨片的年龄读数,原因是随着年龄的增加,鳃盖骨基部变厚,无法有效地观察到清晰的年轮,易造成年龄低估。胸鳍条在1~3龄要高于微耳石磨片年龄读数,因为低龄个体胸鳍条切片中心有副轮易被当作年轮而高估;而4龄个体要低于微耳石磨片的年龄读数,高龄个体鳍条边缘年轮标志不明显,易被忽略。

3 讨论

用于鱼类年龄鉴定的钙化组织主要有鳞片、耳石、鳍条、鳃盖骨、脊椎骨和匙骨等。在鲤的年龄鉴定中,鳞片是最常用的年龄鉴定材料,取材方便、处理简单且不需处死鱼。但有研究表明,在缺乏食物的情况下鱼体会对鳞片重吸收,降低年龄鉴定的准确性,低估年龄读数(Carlander, 1987; Kocovsky & Carline, 2000; Isermann et al, 2003),鳞片鉴定年龄适用于低龄鱼或年龄结构简单的种群(沈建忠和曹文宣, 2001)。Vilizzi等(1998)比较几种钙化组织鉴定年龄的稳定性时发现鳞片的吻合率最低,稳定性最差;与耳石磨片相比较,5龄及以下鳞片基本与耳石磨片相一致,而5龄以上差异较大,其中4尾鱼耳石磨片上的年轮读数为10龄,而鳞片上只有6或7龄,很大程度上归因于鳞片上轮纹排列杂乱,部分鳞片出现完全或不完全吸收,无法观察到清晰轮纹。Jackson等(2007)发现鲤鳞片2次读龄的吻合率只有28.5%,平均误差百分比高达28.1%,2次读龄差异大多出现在4龄以上,6龄及以下相差1龄个体的吻合率为79.0%,而6龄以上相差1龄个体的吻合率明显下降,甚至10龄以上个体的吻合率只有20%。本研究发现鳞片2次读龄的吻合率仅次于耳石,为84.1%,平均误差百分比也较低,2次读龄的误差都只有1龄,1~4龄的吻合率均高于76%;与耳石年龄相比较,在4龄及以下个体鲤年龄鉴定中,鳞片年龄读数与微耳石磨片有较高的吻合率,4龄以上个体由于边缘轮纹杂乱,年轮标志不明显,且靠

近鳞片中心的第1轮由于磨损或吸收而模糊不清,会低估年龄。所以鳞片用于鉴定鲤低龄个体或年龄组成相对简单群体是可行的。

为提高年龄鉴定的准确性和精确度,一些国外学者比较了不同组织年龄鉴定的结果。McConnell(1952)发现鉴定鲤年龄,鳃盖骨要优于鳞片;Vilizzi等(1998)的研究发现,鳃盖骨读龄吻合率最高,鳞片最低,未打磨完整耳石介于其间,而读龄的精度是鳃盖骨和鳞片高于耳石,但统计上差异不显著。Weber等(2011)比较背鳍硬刺和胸鳍条鉴定鲤年龄的精确度,认为2种年龄材料提供相似的年龄评估,均可用于鲤年龄鉴定;Jackson等(2007)发现鳞片读龄误差大,而背鳍硬刺2位读龄者读龄完全一致的吻合率为90.6%,读龄误差1龄以内的吻合率为93.4%,认为鳍条收集、处理和观察时更方便且不需要杀死鱼,在进行大样本调查时可使用鳍条作为年龄鉴定材料;Phelps等(2007)比较发现,相对于鳞片、鳃盖骨和脊椎骨,胸鳍条与耳石年龄读数基本一致,无显著差异($P < 0.01$),两者之间平均误差百分比最低,仅为1.2%,因此可作为耳石的替代材料。国内学者刁晓明和陈兵(1994)则发现鲤鳃盖骨副轮较多,极易干扰年轮判断;而胸鳍条上纹路不清晰,不能确定年轮读数;只有耳石和脊椎骨上年轮清晰,无副轮,读数准确,但作者未对年龄鉴定的精确度进行分析。本研究中胸鳍条和鳃盖骨2次读龄的吻合率均低于80%,配对 t -检验显示2次读龄差异显著,且有4个样本2次读龄相差2龄,与微耳石磨片的吻合率低,平均变异系数均较高。鳃盖骨在4龄和5龄组存在明显的低估现象,原因是鳃盖骨基部疏松结构变厚,透光度降低,年轮易被漏读,与Vilizzi等(1998)的研究结果相一致。胸鳍条在3龄及以下则由于其中央存在副轮,易被当作年轮而高估年龄,4龄以上个体则因为其边缘轮纹变窄,年龄标志不明显而低估年龄。

耳石生长在鱼类内部,不受侵蚀且具不被重吸收、生长规律的特点,被认为是鉴定鱼类年龄最佳的材料(Casselman, 1990; 沈建忠和崔奕波, 2002)。越来越多的研究采用耳石鉴定鲤年龄(Vilizzi et al, 1998; Amouei et al, 2013),甚至可作为用其他材料鉴定年龄结果的基准(Phelps et al, 2007)。Brown等(2004)利用四环素标记耳石技术验证了星耳石鉴定鲤年龄的准确性,精确度分析表明,2读龄者各自进行2次独立读龄的平均误差百分比均低于5%。Winker等(2010)研究发现鲤完整星耳石读龄

平均误差百分比和变异系数为5.54%和7.03%,年龄偏差图分析显示主要读龄者和3位次要读龄者之间年龄读数无显著差异,表明耳石具有很好的可重复性,化学标记重捕、边缘增长分析和长度频率分析证实了耳石上年轮形成的准确性。本研究中微耳石磨片2次读龄的吻合率随年龄增加逐渐降低,3龄及3龄以下个体吻合率较高,均超过80%,而3龄以上个体吻合率则低于80%,甚至5龄个体的吻合率只有50%,原因是高龄个体微耳石边缘轮纹变窄,进行耳石磨片时对边缘轮纹造成了损伤,降低了边缘轮纹的可辨识度,与Vilizzi等(1998)的研究结果相一致。微耳石磨片2次读龄的总吻合率为88.0%,平均误差百分比仅为2.6%,表明利用微耳石磨片进行读龄具有很高的稳定性,未打磨的完整微耳石与微耳石磨片上年龄读数相比,2龄及以下个体未打磨的完整微耳石能清晰的观察到轮纹,3龄及以上个体则因为核心区太厚而需要磨片,耳石磨片上轮纹清晰,年轮标志明显。

为保证年龄鉴定的精度,鉴定不同鱼类和不同钙化组织的年龄时,要求年龄读数偏差的平均误差百分比预期值应低于5%,相应的平均变异系数不高于7.6%(Campana,2001)。本研究中微耳石磨片2次读龄的平均误差百分比为2.6%,轮纹清晰且有规律,是鲤年龄鉴定最佳材料。鳞片读龄在4龄及以下有较高可重复性,与微耳石磨片的吻合率也较高,平均变异系数小于7.6%,且具取材简单、鱼体损伤不大的特点,低龄鲤可使用鳞片鉴定年龄。鳃盖骨和鳍条与耳石磨片的吻合率偏低,平均变异系数超过10%,原因是鳃盖骨第1轮由于骨化而模糊不清。鳃盖骨在不经打磨或切片等处理的情况下,不宜用作鲤年龄鉴定;鳍条则因为靠近边缘轮纹不明显,且存在幼轮,不适合用于鲤年龄鉴定。钙化组织鉴定鲤不同年龄组的精确度不同(Amouei et al, 2013)。本研究中鲤最大年龄为5龄,年龄组成相对较为简单,4种材料鉴定5龄以上鲤个体年龄的精确度如何,有待进一步取样分析,本研究结果是否适用于其他鲤种群的年龄鉴定也需要做进一步的研究。

综合分析认为,微耳石磨片是鲤最佳的年龄鉴定材料。高龄个体微耳石磨片前可先进行拍照,待磨片后用其对微耳石磨片边缘轮纹进行验证,提高微耳石磨片鉴定鲤年龄的精确性。鳞片可作为年龄鉴定的辅助材料。

志谢:感谢昆明市水产科学研究所样本采集方面给予的帮助。

参考文献

- 陈佩薰. 1959. 梁子湖鲤鱼鳞片年轮的标志及其形成的时期[J]. 水生生物学报, (3):255-261.
- 陈自明,杨君兴,苏瑞凤,等. 2001. 滇池土著鱼类现状[J]. 生物多样性, 9(4):407-413.
- 刁晓明,陈兵. 1994. 鲤鱼年龄的硬组织鉴定研究[J]. 西南农业大学学报, 16(1):66-68.
- 孟裕芳. 1999. 滇池外海氮、磷含量的发展趋势分析[J]. 云南环境科学, 18(4):32-33.
- 沈建忠,曹文宣. 2001. 用鳞片和耳石鉴定鲫年龄的比较研究[J]. 水生生物学报, 25(5):462-466.
- 沈建忠,崔奕波. 2002. 鲫耳石年轮的观察及其确证[J]. 华中农业大学学报, 21(1):64-68.
- 盛虎,郭怀成,刘慧,等. 2012. 滇池外海蓝藻水华爆发反演及规律探讨[J]. 生态学报, 32(1):56-63.
- 叶富良,罗平,叶星. 1992. 东江鲤鱼的生物学[J]. 湛江水产学院学报, 12(2):22-28.
- 张家波,樊启学. 1998. 老江河鲤鱼种群动态研究[J]. 华中农业大学学报, 17(4):395-400.
- 柘元蒙. 2002. 滇池富营养化现状、趋势及其综合防治对策[J]. 云南环境科学, 21(1):35-38.
- Amouei F, Valinassab T, Haitov A. 2013. Age determination and morphological study using otoliths in *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758 in the Southern Caspian Sea[J]. Iranian J Fish Sci, 12(4):759-769.
- Brown P, Green C, Sivakumaran I K P, et al. 2004. Validating otolith annuli for annual age determination of common carp[J]. Trans Amer Fish Soc, 133(1):190-196.
- Campana S E. 2001. Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods[J]. J Fish Biol, 59(2):197-242.
- Carlander K D. 1987. A history of scale age and growth studies of North American freshwater fish[M]// R C Summerfelt and G E Hall. Age and growth of fish. Ames: Iowa State University Press:3-14.
- Casselman J M. 1990. Growth and relative size of calcified structures of fish[J]. Trans Amer Fish Soc, 119:673-688.
- Isermann D A, Meerbeek J R, Scholten G D, et al. 2003. Evaluation of three different structures used for walleye age estimation with emphasis on removal and processing times[J]. N Amer J Fish Manag, 23(2):625-631.
- Jackson Z J, Quist M C, Larscheid J G, et al. 2007. Precision of scales and dorsal spines for estimating age of common carp[J]. J Freshw Ecol, 22(2):231-239.

- Karatas M, Cicek E, Basusta A, et al. 2007. Age, growth and mortality of common carp (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758) population in Almus Dam Lake (Tok-at-Turkey) [J]. J Appl Biol Sci, 1(3):81–85.
- Kocovsky P M, Carline R F. 2000. A comparison of methods for estimating ages of unexploited walleyes[J]. N Amer J Fish Manag, 20(4):1044–1048.
- Lubinski K S, Jackson S D, Hartsfield B N. 1984. Age structure and analysis of carp populations in the Mississippi and Illinois rivers[R]. Illinois Natural History Survey, carp populations in the Mississippi and Illinois rivers.
- McConnell W J. 1952. The opercular bone as an indicator of age and growth of the carp, *Cyprinus carpio* Linnaeus[J]. Trans Amer Fish Soc, 81(1):138–149.
- Phelps Q E, Edwards K R, Willis D W. 2007. Precision of five structures for estimating age of common carp[J]. N Amer J Fish Manag, 27(1):103–105.
- Saylar ö, Benzer S. 2014. Age and growth characteristics of carp (*Cyprinus carpio* L, 1758) in Mogan Lake, Ankara, Turkey [J]. Pakistan J Zool, 46(5):1447–1453.
- Sedaghat S, Hoseini S A, Larijani M, et al. 2013. Age and growth of common carp (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758) in Southern Caspian Sea, Iran[J]. World J Fish Mar Sci, 5: 71–73.
- Treer T, Varga B, Safner R, et al. 2003. Growth of the common carp (*Cyprinus carpio*) introduced into the Mediterranean Vransko Lake[J]. J Appl Ichthyol, 19(6):383–386.
- Vilizzi L, Walker K F, Jain T, et al. 1998. Interpretability and precision of: annulus counts for calcified structures in carp, *Cyprinus carpio* L[J]. Archiv für Hydrobiologie, 143(1):121–127.
- Weber M J, Brown M L. 2011. Comparison of common carp (*Cyprinus carpio*) age estimates derived from dorsal fin spines and pectoral fin rays[J]. J Freshw Ecol, 26(2): 195–202.
- Winker H, Weyl O L F, Booth A J, et al. 2011. Life history and population dynamics of invasive common carp, *Cyprinus carpio*, within a large turbid African impoundment[J]. Mar Freshw Res, 62(11):1270–1280.

(责任编辑 张俊友)

A Comparative Study of Four Age Validation Structures for Common Carp
(*Cyprinus carpio*) in Dianchi Lake in Yunnan, China

LI Xiao, SHEN Jian-zhong, GONG Jiang, YU Wen-juan, ZHANG Ya-hui, LI Zong-dong
(College of Fisheries, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, P. R. China)

Abstract: Validation of fish age is the foundation for fish growth and age structure analysis as well as estimating the death rate of a fish population. Calcified structures of fish produce periodic growth increments useful for age determination at the annual scale. Determining proper structures for age validation increases the accuracy and precision of fish aging. The international community of researchers has not reached a consensus on which of the four calcified structures (lapillus, scale, pectoral fin and operculum) is the best for determining the age of *Cyprinus carpio* and all have been used. In China, only scales have been used for *Cyprinus carpio* aging and some researchers have suggested that pectoral fins and opercula are not suitable for aging *Cyprinus carpio*. Furthermore, fish growth is influenced by environmental factors which could cause variation in the incremental deposition to the different calcified structures and this should be considered when selecting the most suitable age validation structure. In this paper, we describe the morphology and annuli characteristics of four aging materials (lapillus, scale, pectoral fin and operculum) for common carp in Dianchi Lake of Yunnan province, China. The agreement among the four calcified structures for determining the age of common carp in Dianchi Lake was also analyzed. 584 common carp with body length 7.5 – 50.5 cm and body weight 17.2 – 3 211.3 g were collected by trawling in Dianchi Lake during May and June and from August to November of 2013, and from March to July of 2014. A total of 584 lapillus specimens, 276 scale specimens, 276 operculum specimens and 274 pectoral fin specimens were prepared and all specimens were observed and photographed under a dissecting microscope. The results show that the incremental deposition on the lapillus of common carp was distinct, demonstrating an obvious alternate opaque zone and translucent zone under reflected light. Among the four structures, the sectioned lapilli showed the highest percentage agreement (88.0%) between duplicate age readings by the same observer, followed by scales (84.1%), pectoral fins (73.7%) and opercula (72.1%). The average percent error for the duplicate age readings on sectioned lapilli, scales, pectoral fins and opercula were 2.6% and 2.9%, 4.7% and 5.9%, respectively. Furthermore, compared with the age validation by sectioned lapilli, scales showed the highest percentage agreement (77.5%) and the lowest coefficient of variations (6.14%), while opercula and pectoral fins gave only 61.9% and 56.2% percentage agreement with sectioned lapilli. The first annuli of the opercula and pectoral fins were both difficult to confirm and the coefficient of variation for the two materials were both over 12%. To summarize, sectioned lapilli are the best age determination material for common carp in Dianchi Lake. Scales can be used for age determination of individuals less than 4 years old, while opercula and pectoral fins are not suitable for determining the age of common carp.

Key words: Dianchi Lake; common carp; age determination; otoliths; scales; opercula; pectoral fins